

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平3-145623

⑬ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)6月20日

G 02 F 1/03

5 0 2

8106-2H

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全7頁)

⑮ 発明の名称 光変調器

⑯ 特 願 平1-285408

⑰ 出 願 平1(1989)11月1日

⑱ 発 明 者 女 鹿 田 直 之 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内

⑲ 発 明 者 清 野 實 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内

⑳ 出 願 人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

㉑ 代 理 人 弁理士 井 桁 貞一

明 細 書

1. 発明の名称

光変調器

2. 特許請求の範囲

平面に加工した電気光学効果を有する基板(1)と、

前記基板(1)上に形成され、光入射端(40)と光出射端(41)との間に分岐光導波路(4a)および(4b)を有する光導波路(4)と、

前記分岐光導波路(4a)上に設けられた信号電極(2)と、

前記分岐光導波路(4b)上に設けられた接地電極(3)と、

前記光導波路(4)の光出射端(41)に近接して、信号光が導入されるごとくに配置された信号光用光ファイバ(5)と、

前記分岐光導波路(4a)および(4b)の合波点(43)から放射される放射光が導入されるごとくに配置されたモニタ光用光ファイバ(6)と、

前記モニタ光用光ファイバ(6)の光出射端(61)に配設された前記放射光を受光する光検知器(12)と、

前記光検知器(12)の出力電気信号の変化に応じて、前記信号電極(2)に印加される入力信号電圧の直流バイアスを変化させて、光変調器の動作点を制御する信号処理・制御回路部(8)とを少なくとも備えることを特徴とした光変調器。

3. 発明の詳細な説明

(概要)

光変調器に関し、

高速駆動の外部光変調において、放射光を用いたフィードバックにより動作点の変動を防止することを目的とし、

平面に加工した電気光学効果を有する基板と、前記基板上に形成され、光入射端と光出射端との間に分岐光導波路を有する光導波路と、前記分岐光導波路の一方の上に設けられた信号電極と、前記分岐光導波路の他方の上に設けられた接地電極

と、前記光導波路の光出射端に近接して、信号光が導入されるごとくに配置された信号光用ファイバと、前記分岐光導波路の合波点から放射される放射光が導入されるごとくに配置されたモニタ光用ファイバと、前記モニタ光用ファイバの光出射端に配設された前記放射光を受光する光検知器と、前記光検知器の出力電気信号の変化に応じて、前記信号電極に印加される入力信号電圧の直流バイアスを変化させて、光変調器の動作点を制御する信号処理・制御回路部とを少なくとも備えるように光変調器を構成する。

#### (産業上の利用分野)

本発明は、高速・高安定の光変調を行うための光変調器の構成に関する。

近年、光ファイバやレーザ光源の進歩・発達に伴い、光通信をはじめ光技術を応用した各種のシステム、デバイスが実用化され広く利用されるようになる一方、ますます、その高度技術開発への要請が強まってきた。

3

第5図はY分岐光導波路マッハツェンダ型外部変調器の構成例を示す図で、最も基本的な構成を示したものである。同図(イ)は上面図(基板上の電極、導波路配置)、同図(ロ)は同図(イ)のA-A'断面図である。

図中、1は電気光学効果を有する基板、4は光導波路で光入射端40と光出射端41との間に分岐光導波路4aおよび4bが形成されている。この光導波路は通常基板の表面にTiなどの金属を光導波路部分だけに選択的に拡散させ、その部分の屈折率を回りの部分よりも少し大きくなるようにしてある。2は信号電極で、たとえば、進行波信号電極、3は接地電極である。11は光導波路上の金属電極層への光の吸収を小さくするためのバッファ層で、通常、SiO<sub>2</sub>などの薄膜が用いられている。

進行波信号電極2と接地電極3は、バッファ層11を介して光導波路上に、Auなどの金属を蒸着あるいはめっきによって形成している。

いま、半導体レーザ9からの直流光が左側の光入射端40から光導波路4に入り、分岐光導波路4a、

とくに、最近の光通信システムの高速化の要求から、光信号を送信する光送信器においても、高速で光を変調する必要が生じてきた。

たとえば、1.6 Gbps程度までの低速光通信システムにおいては、レーザダイオード(LD)を直接変調する方式を用いてきたが、変調周波数がより高くなると、変調光波長の時間的微小変動、いわゆる、チャージング現象のために高速化と長距離通信への限界が生じる。

一方、今後ますます大容量・長距離通信の要求が強まってくるので、より高速、かつ、高安定な光変調方式の開発が求められている。

#### (従来の技術)

高速光変調方式としては、半導体レーザ光を外部で変調する外部変調方式がよく知られている。

とくに、電気光学効果を有する基板上に分岐光導波路を設け、信号電極、たとえば、進行波信号電極を用いて駆動するマッハツェンダ型光変調器が有力視されている。

4

4bの分岐点42で2つに分けられ、そこを通過する間に、進行波信号電極2に高周波変調信号電圧を印加すると、基板上に設けられた前記分岐光導波路4a、4bにおける電気光学効果によって分岐された両光に位相差が生じる。この両光を再び合波点43で合流させて、右側の光導波路4の光出射端41から変調された光信号出力を取り出し、光検知器14で受光して電気信号に変換するように構成されている。

前記分岐光導波路4a、4bにおける両光の位相差が0および $\pi$ になるように駆動電圧を印加すれば、光信号出力はON-OFFのパルス信号として得られる。

なお、R<sub>r</sub>は終端抵抗である。

しかし、図からもわかるように、進行波信号電極2と接地電極3とは通常面積を異にしており、分岐光導波路4aと4bの間に温度差を生じ、それに起因する動作点シフトが生じたり、あるいは、いわゆる、DCTリフトが生じる(たとえば、Jap. J. Appl. Phys., Vol. 20, No. 4, pp 733 ~ 737, 1981

参照)。

第6図は動作点シフトを説明する図であり、同図(イ)は変調特性、同図(ロ)は光出力パルス特性である。同図(イ)の実線①が正常な特性で、破線の②が動作点がシフトした場合である。これに対応して、同図(ロ)の実線①のきれいな出力パルス波形から、破線の②のようにピークが下がりボトムが上がった波形、すなわち、消光比の劣化が生ずることになる。

第7図はDCドリフトを説明する図で、たとえば、最も多く使用されるLiNbO<sub>3</sub>を基板1とした場合に、短期のDCドリフトと長期のDCドリフトの2種類が、たとえば、前記文献その他に報告されている。同図(イ)は駆動電圧と時間の関係を示したもので一定の直流電圧V<sub>π</sub>を印加した場合に、同図(ロ)の実線③に示したように本来光出力レベルが0であるべきものが、時間の経過と共に徐々に増加していく、すなわち、動作点がずれていく現象である。

そこで、このように動作点がずれて光変調器の

性能が劣化するのを防止するために、出力信号光からモニタ光を取り出して入力電気信号にフィードバックをかけ、動作点の安定化を図ることが提案されている。

第8図は従来の安定化外部変調器の構成例を示す図である。図中、30はファイバカップラ、8'は信号処理・制御回路部、12'は光検知器である。

なお、前記図面で説明したものと同等の部分については同一符号を付し、かつ、同等部分についての説明は省略する。

すなわち、光導波路4の右側の光出射端41から、変調された光信号出力を、たとえば、シングルモード光ファイバ5に導入・伝送したのち、光検知器14で受光し電気信号に変換して送信信号の受信を行う。この間、ファイバカップラ30で信号光の一部を分岐して、たとえば、シングルモード光ファイバ5'に導入し、光検知器12'で電気信号に変換して、信号処理・制御回路部8'で動作点のずれを検知し入力信号電源13にフィードバックして、DCバイアスの調整を行い常に正しい動作点に保持

するようにしている。

なお、ファイバカップラ30は2本の光ファイバを平行に近接・結合させると一方の光ファイバの光の一部(たとえば、1/10程度)が、他方の光ファイバに移行して伝送されるように構成されたものである。

(発明が解決しようとする課題)

しかし、このような構成の光変調器においては、光導波路から光ファイバに導入された信号光の一部がファイバカップラによってモニタ光として分岐されている。したがって、送信される光信号パワーが分岐された分だけ減少し、それに相当する分だけ光ファイバの伝送距離が短くなるという重大な問題があり、その解決が必要であった。

(課題を解決するための手段)

上記の課題は、平面に加工した電気光学効果を有する基板1と、前記基板1上に形成され、光入射端40と光出射端41との間に分岐光導波路4aおよ

び4bを有する光導波路4と、前記分岐光導波路4a上に設けられた信号電極2と、前記分岐光導波路4b上に設けられた接地電極3と、前記光導波路4の光出射端41に近接して、信号光が導入されるごとくに配置された信号光用光ファイバ5と、前記分岐光導波路4aおよび4bの合波点43から放射される放射光が導入されるごとくに配置されたモニタ光用光ファイバ6と、前記モニタ光用光ファイバ6の光出射端61に配設された前記放射光を受光する光検知器12と、前記光検知器12の出力電気信号の変化に応じて、前記信号電極2に印加される入力信号電圧の直流バイアスを変化させて、光変調器の動作点を制御する信号処理・制御回路部8とを少なくとも備えた光変調器を構成することにより解決することができる。

(作用)

第1図は合波点における放射光を説明する図で、同図(イ)は上面図、同図(ロ)はA-A'矢視図、同図(ハ)は信号光と放射光特性の関係を示した

ものである。すなわち、信号電圧が0の時には光出力は100%光導波路4の光出射端41から出射し、分岐光導波路4aと4bの光の位相差が $\lambda/2$ を与える電圧 $V_{\pi}$ または $-V_{\pi}$ の時は光導波路4の光出射端41からの光出力は0となる。

それ以外の、すなわち、光出射端41から出射しない光は当然のことながら光導波路4から外に流れ出し損失となる。この流れ光が、いわゆる、放射光10であり分岐光導波路4aと4bの合波点43から放射される。

この放射光10は同図(ロ)に示したごとく合波点43からや、下方の基板1内に広がった光ビームとして放射される。そして、その光パワーの合計と位相は同図(ハ)の破線②に示したごとく、実線①に示した信号光と丁度相補な関係にある。

以上の説明からわかるように、本発明の構成によれば、動作点がずれた場合に分岐光導波路4aおよび4bの合波点43から放射される放射光をモニタ光として取り出し、光検知器12と信号処理・制御回路部8で動作点のずれを検知し入力信号電源13

にフィードバックして、DCバイアスの調整を行ない常に正しい動作点に保持するので、信号光の光パワーに何ら影響を与えることなく、したがって、光ファイバの伝送距離の短縮を招くような問題は一切生じることがない。

#### (実施例)

第2図は本発明の原理の要点を説明する図で、光ファイバ4から出射する信号光は信号光用光ファイバ5へ導入し、分岐光導波路4aおよび4bの合波点43から放射される放射光はモニタ光用光ファイバ6へ導入して電気信号に変換し、入力信号電源のDCバイアスを調節して動作点を安定させるようにフィードバックさせるのである。

第3図は本発明実施例の構成を示す図である。基板1には大きさ30mm×2mm、厚さ1mmのLiNbO<sub>3</sub>のZ板の表面を鏡面研磨して使用した。この基板の上にTiを約100nmの厚さに真空蒸着し、分岐光導波路4aおよび4bを含む光導波路4に相当する部分にTiが残るように通常のホトエッチ

1 1

ング法で処理したのち、約1050°C、酸素中で10時間加熱しTiをLiNbO<sub>3</sub>中に熱拡散させて深さ約5 $\mu$ mの光導波路4を形成した。

分岐光導波路部分の長さは20mm、光導波路の幅は7 $\mu$ mになるように調整した。分岐光導波路4aおよび4bの間隔は約15 $\mu$ mとし、分岐部の角度は1°に形成した。

次いで、バッファ層としてSiO<sub>2</sub>を500nmの厚さにスパッタ法で形成した。

信号電極(進行波信号電極)2および接地電極3はTi-Au合金膜を蒸着したのち、光導波路4の上に重なるように所定の電極形状にパターンエッチングし、さらに、その上に厚さ8 $\mu$ mのAuをめっきにより付着形成した。終端抵抗R<sub>T</sub>は進行波信号電極2および接地電極3の特性インピーダンスに合わせて50 $\Omega$ になるように調整した。

信号光用光ファイバ5にはシングルモード光ファイバを用い、光導波路4の光出射端41から信号光が導入できるように配設し、モニタ光用光ファイバ6にはマルチモード光ファイバを用い、分岐

1 2

光導波路4aおよび4bの合波点43から放射される広がりを持った放射光10が導入できるように配設する。

光出射端41に信号光用光ファイバ5を接続し、放射光ビーム出射部分にモニタ光用光ファイバ6を接続するために、両光ファイバ5および6をホルダ7に所定の位置に嵌入固定し、それを通常の光ファイバ接続方法により接続固定する。

モニタ光用光ファイバ6の光出射端61から出射したモニタ用の放射光は、光検知器12で受光して電気信号に変換したのち、信号処理・制御回路部8に入力し、光検知器12の出力電気信号の変化に応じて、信号電極(進行波信号電極)2に印加される入力信号電源13の直流バイアスを変化させ、光変調器の動作点を制御するように構成する。

なお、前記諸図面で説明したものと同等の部分については同一符号を付し、かつ、同等部分についての説明は省略する。

第4図は本発明実施例の要部を示す図で、同図(イ)は正面図、同図(ロ)は側面図である。

ホルダ7には、たとえば、軸受け状のルビービーズの中心に予めあけられた孔に、信号光を導入するコア50の径が9 $\mu$ m $\phi$ のシングルモード光ファイバを挿入し、また、中心から所要の距離、たとえば、130 $\sim$ 150 $\mu$ mの中心距離を離して放射光10を導入する位置にあけられた孔に、たとえば、コア60の径が100 $\mu$ m $\phi$ の放射光を受けるに十分な太さのマルチモード光ファイバを挿入したのち、たとえば、紫外線硬化のエポキシ樹脂接着材で接着固定する。

上記実施例では、信号光用光ファイバ5とモニタ光用光ファイバ6とを同一のホルダ7に固定して使用したが、それぞれ別々に光を導入するようにしてもよいことは勿論である。

また、上記実施例では、放射光の取り出しは光導波路4の片側から、1本のモニタ光用光ファイバ6で行ったが、光導波路4の両側から、2本のモニタ光用光ファイバを用いて放射光の受光強度を上げ、感度を上げるようにしてもよい。

以上述べた実施例は一例を示したもので、本発

明の趣旨に添うものである限り、使用する素材や構成など適宜好ましいもの、あるいはその組み合わせを用いることができることは言うまでもない。

#### 〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明の構成によれば、動作点がずれた場合に分岐光導波路4aおよび4bの合波点43から放射される放射光をモニタ光として取り出し、光検知器12と信号処理・制御回路部8で動作点のずれを検知し入力信号電源13にフィードバックして、DCバイアスの調整を行ない常に正しい動作点に保持するので、信号光の光パワーに何ら影響を与えることなく、したがって、光ファイバの伝送距離の短縮を招くことがなく、高速・長距離光通信用の光変調器の性能、信頼性の向上に寄与するところが極めて大きい。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は合波点における放射光を説明する図、

第2図は本発明の原理の要点を説明する図、

15

第3図は本発明実施例の構成を示す図、  
第4図は本発明実施例の要部を示す図、  
第5図はY分岐光導波路マッハツェンダ型外部変調器の構成例を示す図、  
第6図は動作点シフトを説明する図、  
第7図はDCドリフトを説明する図、  
第8図は従来の安定化外部変調器の構成例を示す図である。

図において、

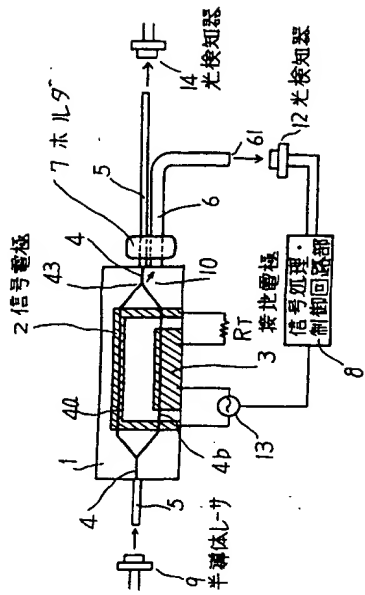
- 1は基板、
- 2は信号電極、
- 3は接地電極、
- 4は光導波路、
- 4a、4bは分岐光導波路、
- 5は信号光用光ファイバ、
- 6はモニタ光用光ファイバ、
- 7はホルダ、
- 8は信号処理・制御回路部、
- 9は半導体レーザ、
- 10は放射光、

16

- 11はバッファ層、
- 12は光検知器、
- 13は入力信号電源、
- 40は光入射端、
- 41は光出射端、
- 42は分岐点、
- 43は合波点である。

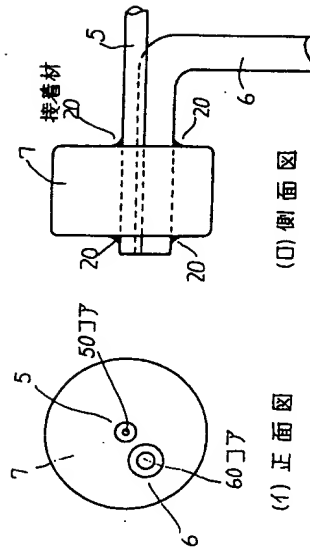
代理人 弁理士 井桁 貞一





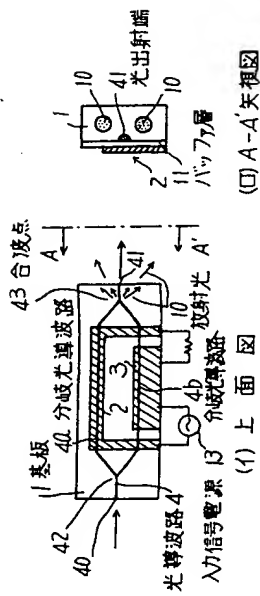
本発明実施例の構成を示す図

第 3 圖

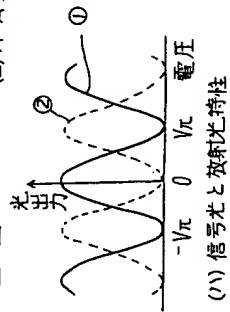


本発明実施例の要部を示す図

圖 4 集

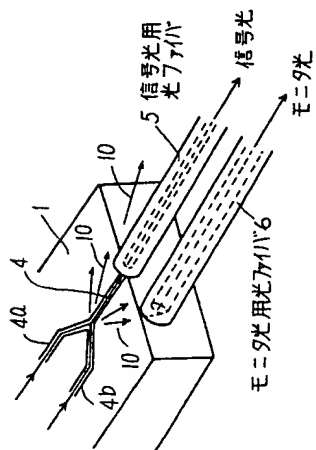


(四)  $A-A'$  矢视图



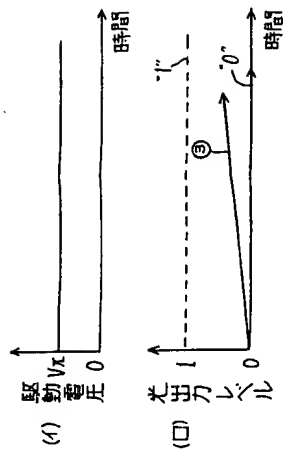
合波点における放射光を説明する図

第一區



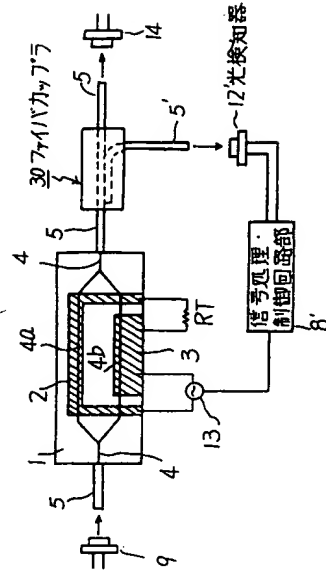
本発明の原理の要点を説明する図

第二卷



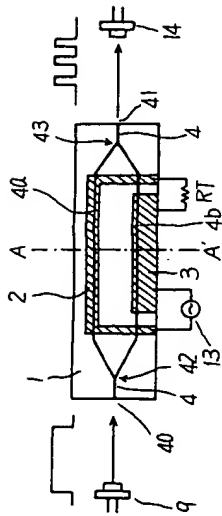
DCドリフトを説明する図

第 7 図

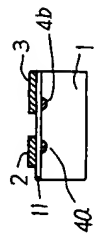


従来の安定化外部変調器の構成例を示す図

第 8 図



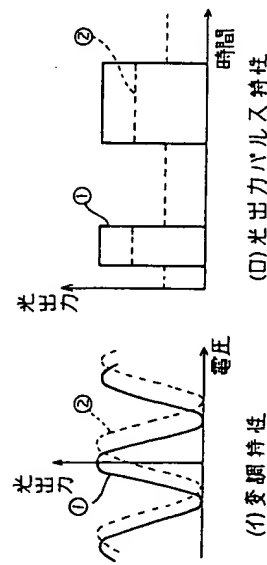
(1) 上面図



(1) A-A'断面図

Y分岐光導波路マッハツェンダ型外部変調器の構成例を示す図

第 5 図



動作点シフトを説明する図

第 6 図